

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月20日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-387852

出 願 人

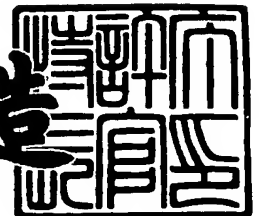
Applicant(s):

京セラ株式会社

2001年 6月18日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3056989

61801 US / FP 1207

【書類名】 特許願

【整理番号】 22980

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/00

【発明者】

【住所又は居所】 京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社
中央研究所内

【氏名】 阿部 真一

【特許出願人】

【識別番号】 000006633

【住所又は居所】 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地

【氏名又は名称】 京セラ株式会社

【代表者】 西口 泰夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 005337

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路および光回路基板

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成された、コア部と、該コア部を両側から挟み込むように配置され、光伝搬方向に直交する方向にそれぞれ周期的に屈折率が変化している周期構造を有するとともに該周期構造の少なくとも一方が前記基板の表面に対し基板側で他方との間隔が狭くなるように傾斜しているクラッド部とから成ることを特徴とする光導波路。

【請求項 2】 前記周期構造の少なくとも一方が、前記基板の表面に対し垂直方向から 5 ～ 6 0 度の角度で傾斜していることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 3】 両側の前記周期構造の下端部同士が接していることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の光導波路。

【請求項 4】 前記周期構造が柱状周期構造であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の光導波路。

【請求項 5】 基板上に、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の光導波路と、該光導波路と光結合される光電子変換素子の搭載部とを具備して成ることを特徴とする光回路基板。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信や光情報処理に利用される光導波路を集積化した光回路基板に使用するのに好適な、フォトニック結晶と呼ばれる光学的な周期構造を有するクラッド部を用いた、低損失でありかつ簡便な作製プロセスによって作製可能な光導波路およびこれを用いた光集積回路に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

基板上に 3 次元導波路形状で形成される光導波路は、光通信や光情報処理に利用される光集積回路を構成する重要な光学的要素として使用されている。従来の

光導波路は、光を伝搬するコア部となる高屈折率部の周りを低屈折率部であるクラッド部が囲む構造によって、伝搬光を高屈折率部内に閉じ込めて導波を行っていた。

【0003】

しかし、このような屈折率差を利用した構造では、光導波路の湾曲部や分岐部においては非常に緩やかな湾曲状態にしないと導波光が低屈折率部へ放射して漏洩してしまい損失が大きくなってしまうという問題点があった。これに対して、この損失を防ぐために緩やかな湾曲状態とすると、この光導波路を形成する基板寸法が大きくなってしまって光回路基板の小型化が困難となり、また生産効率も低下してしまうという問題点があった。

【0004】

このような問題点を解決する新たな光導波路の構造として、フォトニック結晶を利用するものが提案されている（特表平8-505707号公報、特開2000-56146号公報等参照）。このフォトニック結晶は、光学材料中に屈折率の高低が $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 程度の周期で周期的に変化する構造を形成することによって構成されており、このような周期構造には、光がこの周期構造中を伝搬できない遮断波長帯が存在することから、このフォトニック結晶によってコア部を囲む構造の光導波路によれば、この遮断波長帯の導波光に対しては急峻な湾曲部でも理論上放射損失を0とすることができるというものである。

【0005】

フォトニック結晶には、大別して2次元構造と3次元構造があると言われており、前者は基板上に形成された場合に基板に平行な方向にのみ光遮断効果があり、後者は平行な方向と垂直な方向とを含む全方向に光遮断効果を有するものである。

【0006】

しかし、3次元構造のフォトニック結晶は作製プロセスが複雑であることや遮断波長帯が比較的狭いという問題点があるため、基板上で2次元構造のフォトニック結晶によってコア部を囲む構造により構成された光導波路が、光回路基板等への工業的応用が期待されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

従来のフォトニック結晶を用いた光導波路は、図6(a)に平面図で、また図6(b)に断面図で示すように、下部クラッド部としても機能する基板23上にコア部21を有する光導波路を形成する光学材料が形成され、この光学材料と基板23の一部を貫通して、コア部21の両側に周期的に屈折率が変化する周期構造、ここでは柱状周期構造を有するクラッド部22が形成されている。

【0008】

しかしながら、このように2次元構造のフォトニック結晶から成るクラッド部22を用いてコア部21を両側から囲んで構成された光導波路は、基板23表面に平行でかつコア部21の光伝搬方向に直交する方向には優れた光遮断効果を持つものの、基板23表面に垂直な方向には光遮断効果を持たないために、基板23表面に垂直な方向についてはコア部21と基板23とのあるいはコア部21と空気との屈折率差による光閉じ込めを利用するものであった。

【0009】

この場合、通常、上部クラッド部は空気（屈折率 $n=1.0$ ）でありコア部との屈折率差を十分大きくできるために、上部クラッド部への光の放射はほとんどないが、下部クラッド部は基板（ $n>1.0$ ）を利用することとなり、構造上コア部21と下部クラッド部となる基板23とは屈折率差を十分大きくとることが困難であるために、基板23への光の放射損失が発生し易いという問題点がある。

【0010】

この問題点に対しては、例えばフォトニック結晶を厚く形成して周期構造を下部クラッド部へ深く貫通させる構造や、図7に断面図で示すように下部クラッド部をエッチング等で部分的に除去してエアブリッジ構造とすることが検討されている。図7に示す光導波路においては、図6に示したような光導波路における下部クラッド部に相当する基板23の一部分がエアブリッジ構造によって空気に置き換えられており、これによってコア部21と下部クラッド部としての空気との屈折率差を大きくとることができるというものである。

【0011】

しかしながら、前者は高アスペクト比の構造が必要となること、また後者はエッチング工程が煩雑であることとエアブリッジ構造の機械的強度が不足してしまうこと等、それぞれさらに解決すべき問題点を有している。

【 0 0 1 2 】

本発明は上記従来技術における問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、フォトリソグラフィをクラッド部に利用した、簡便な工程で作製が可能で低損失な光導波路を提供することにある。

【 0 0 1 3 】

また本発明の目的は、フォトリソグラフィをクラッド部に利用した、簡便な工程で作製が可能で低損失な光導波路を具備した、小型化・高集積化が可能な光回路基板を提供することにある。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

本発明の光導波路は、基板上に形成された、コア部と、このコア部を両側から挟み込むように配置され、光伝搬方向に直交する方向にそれぞれ周期的に屈折率が変化している周期構造を有するとともに該周期構造の少なくとも一方が前記基板の表面に対し基板側で他方との間隔が狭くなるように傾斜しているクラッド部とから成ることを特徴とするものである。

【 0 0 1 5 】

また本発明の光導波路は、上記構成において、前記周期構造の少なくとも一方が、前記基板の表面に対し垂直方向から 5 ～ 60 度の角度で傾斜していることを特徴とするものである。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の光導波路は、上記各構成において、両側の前記周期構造の下端部同士が接していることを特徴とするものである。

【 0 0 1 7 】

さらに、本発明の光導波路は、上記各構成において、前記周期構造が柱状周期構造であることを特徴とするものである。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の光回路基板は、基板上に、上記各構成の光導波路と、該光導波路と光結合される光電子変換素子の搭載部とを具備して成ることを特徴とするものである。

【0019】

【発明の実施の形態】

本発明の光導波路によれば、コア部を両側から挟み込むように配置された周期構造を有するクラッド部の少なくとも一方が基板の表面に対し基板側で他方との間隔が狭くなるように傾斜していることから、コア部の下方についてもこの傾斜に応じて周期構造によるフォトリック結晶の光遮断効果が現れ、従来のようにコア部と基板との屈折率差による光閉じ込めを利用したものと比較して導波光をコア部内により強く閉じ込めることができる。また、従来のようにフォトリック結晶を厚く形成する構造の場合と比較してアスペクト比を下げることで光導波路の薄型化を図ることができ、さらに、従来のように下部クラッド部をエッチング等で除去するエアブリッジ構造の場合と比較して作製工数を少なくすることができるとともに機械強度を維持することができる。その結果、光伝搬特性が良好で、薄型化・小型化を図ることができ、作製工程が比較的単純でかつ簡便であり、機械強度も強い光導波路となる。

【0020】

また、本発明の光導波路によれば、周期構造の少なくとも一方を基板の表面に対し垂直方向から5～60度の角度で傾斜させることにより、コア部の基板側における光閉じ込め効果を高めつつ、コア部上方への光の放射を防ぎ、かつ光導波路の幅が不必要に大きくなるのを避けることができる。

【0021】

さらに、周期構造の下端同士が接するように形成した場合には、コア部の基板側におけるフォトリック結晶による光閉じ込め効果を確実に発揮させることができ、コア部から基板側への導波光の漏洩をなくして光損失を抑えた光伝搬特性に優れた光導波路となる。

【0022】

さらにまた、クラッド部としての周期構造を柱状周期構造とし、三角格子エア

ロッド構造またはハニカム格子誘電体柱構造をとった場合には、コア部を伝搬する光の全ての偏光面に対して光遮断効果を持たせることができ、種々のモードや偏光面を有する導波光に対してもその漏洩をなくして光損失を抑えることができる、光伝搬特性に極めて優れた光導波路となる。

【0023】

そして、このような本発明の光導波路を具備し、この光導波路が搭載される光電子変換素子と光結合される本発明の光回路基板によれば、光導波路が低損失で小型化・薄型化が可能なことから、光信号の伝送特性に優れ、簡便な工程で作製が可能な、小型化・高集積化が可能な光回路基板となる。

【0024】

以下、図面に基づいて本発明を詳細に説明する。

【0025】

図1(a)および(b)は、それぞれ本発明の光導波路の実施の形態の一例を示す上面図および断面図である。図1において、1は基板3上に形成された光導波路のコア部であり、2は、同じく基板3上に形成され、このコア部1を両側から挟み込むように配置された、コア部1を光伝搬方向に直交する方向にそれぞれ周期的に屈折率が変化している周期構造を有するとともにこの周期構造が基板3の表面に対し基板3側で他方との間隔が狭くなるように傾斜しているクラッド部である。クラッド部2はその少なくとも一方が基板3の表面に対して傾斜していればよいが、この例では、クラッド部2は両方が基板3に対して傾斜している例を示しており、これによれば、コア部1の下方すなわち基板3側の光閉じ込め効果がより良好なものとなる。また、この例では、柱状周期構造によるフォトリック結晶をクラッド部2に用いた例を示している。なお、 θ は、クラッド部2の周期構造が基板3の表面に垂直方向から傾斜している角度を見たときの傾斜角を示している。

【0026】

この例に示すクラッド部2に用いた柱状周期構造のようなフォトリック結晶は2方向にのみ周期的な屈折率変化を有していることから2次元フォトリック結晶と呼ばれており、クラッド部2としてはこの他にも、1方向にのみ周期的な屈折

率変化を有していることから1次元フォトニック結晶と呼ばれるもの、例えば屈折率が異なる層が光導波路方向に多層に積層されて構成された多層周期構造のものを用いることもできる。ただし、クラッド部2に柱状周期構造のような2次元フォトニック結晶を用いると、このクラッド部2が挟み込んでいるコア部1を伝搬する光に対しTEモード偏光およびTMモード偏光に対して同時に光遮断効果を持たせることが可能であるという利点があることから、より良好な光伝送特性を有する光導波路を構成することができる。

【0027】

これらコア部1およびクラッド部2が形成される光学材料としては、コア部1を高屈折率部として機能させるとともにクラッド部2としてのフォトニック結晶を形成するために、比較的屈折率が高く、導波光の波長帯域で透明なGaAsまたはGaAs上にAlGaAsを成膜したもの、InPまたはInP上にInGaAsを成膜したもの、Si等が適している。

【0028】

また、基板3はこれらコア部1およびクラッド部2から成る光導波路がその上に形成され、この光導波路に対する支持基板として、また電気回路および光導波路を始めとする光電気回路が形成される支持基板としても機能するものであり、光集積回路基板や光電子混在基板等の光信号を扱う基板として使用される種々の基板、例えばシリコン基板やGaAs基板・InP基板・ガラス基板・アルミナ基板・ガラスセラミック基板・多層セラミック基板・プラスチック電気配線基板等が使用できる。また、この基板3は、コア部1に対して低屈折率部となる光学材料を用いて屈折率差を利用した従来のクラッド部として機能するものとしてもよく、その場合の材質は、コア部1およびクラッド部2の部分と同じものを用いても、異なるものを用いてもよい。

【0029】

本発明の光導波路においては、コア部1の上方は空気または真空となっており、コア部1との屈折率差が大きいことから、コア部1への強い光閉じ込めが行なわれている。一方、クラッド部2を構成する周期構造は、コア部1の下方向を囲むように、基板の表面に対し基板側で間隔が狭くなるように、基板表面に垂直な

方向に対して傾斜しており、良好な光閉じ込め効果を有するフォトニック結晶がコア部1の下方に入り込むように配置されている。このような構成により、従来のクラッド部2を構成するフォトニック結晶の周期構造が基板の表面に垂直方向に形成されていた構造ではコア部1の上方と比較して光閉じ込めの弱かったコア部1の下方へもフォトニック結晶の光遮断効果が現れてコア部1への光閉じ込めが強くなっており、コア部1の下方への導波光の放射損失を抑えている。

【0030】

なお、クラッド部2を構成する周期構造の基板3表面に対する傾斜角 θ は、あまり小さ過ぎるとコア部1からの下方への光の放射を抑制できなくなるので、5度以上とすることが好ましい。一方、この傾斜角 θ は大きい程コア部1からの下方への光の放射を抑制できるようになるが、大き過ぎると光導波路の幅が不必要に大きくなってしまい、またそのような周期構造の加工・形成が困難となってしまうとともに、コア部1から上方の空気または真空の部分へ光が放射するようになってしまうことがあるために、適切な角度に設定する必要がある、そのような観点からは60度以下としておくことが好ましい。なお、この周期構造の傾斜角 θ は、コア部1を伝搬する光の断面形状が円形に近い場合が光電子変換素子との結合や外部の光回路との結合に有利であるため、30°程度が最も適している。

【0031】

また、クラッド部2の周期構造は、これを柱状周期構造として構成する場合であれば、光伝搬方向には、基板3の表面に対し垂直な方向から前後に60度程度（±60度程度）の範囲内に設定しておくことが好ましく、60度を大きく超えると周期構造の加工・形成が困難となる傾向がある。

【0032】

図1に示したクラッド部2の柱状周期構造は、両側の柱状周期構造の下端部同士が光学的に見て接している、三角格子エアロッドと呼ばれる2次元フォトニック結晶となっており、柱の部分は光導波路を形成する光学材料中に設けた穴となっていて、その内部は空気で満たされている。この柱の内部には、異なる屈折率を有する他の光学材料を満たしておいてもよい。

【0033】

また柱の断面形状は、この例では円形であるが、この例における柱は基板 3 の表面に対して所定の傾斜角 θ で傾斜しているために、光導波路部分の表面に現れる柱の断面形状は楕円形となっている。なお、この柱の断面形状は、他の形状、例えば複数の直線で囲まれた多角形や複数の曲線で囲まれた形状等としてもよい。

【 0 0 3 4 】

柱状周期構造や多層周期構造等による周期的に屈折率が変化している周期構造の周期は、コア部 1 を伝搬する光の波長の 20～60% 程度の厚みとしておくことが好ましく、また周期の数としては 5 周期程度以上としておくことが好ましく、それによりコア部 1 の伝搬光に対して有効なフォトリソグラフィ技術の光遮断効果が現れる。なお、柱状周期構造とする場合は、柱の直径が大きい程、広い波長範囲で光遮断効果が現れるものとなるが、柱の加工精度や柱のための穴を開けた後の強度等を考慮すると、柱の長さに垂直な断面における柱の占有面積は 20～80% 程度の範囲、好適には 60% 程度としておくことが好ましい。

【 0 0 3 5 】

具体的には、例えば屈折率 3.4 の材料に周期 $0.5 \mu\text{m}$ で屈折率が 1.0 かつ直径が $0.47 \mu\text{m}$ （面積占有率 80%）の円柱を三角格子状に配置した場合、波長 $1.0 \sim 1.16 \mu\text{m}$ の範囲に光遮断効果が現れる。

【 0 0 3 6 】

次に、本発明の光導波路の作製工程について説明する。図 2（a）～（c）は、それぞれ本発明の光導波路の作製工程の例を示す工程毎の断面図であり、図 1 に示した本発明の光導波路を作製するための工程例を示すものである。

【 0 0 3 7 】

まず、図 2（a）に示すように、基板 3 上に光導波路を形成するための光学材料から成る層を積層し、この層の表面にフォトリソグラフィ技術等の異方性ドライエッチングに耐性のあるマスク層 4 を被着し、これにフォトリソグラフィ技術によって、まず片側の柱状周期構造を形成するためのマスクパターンを形成して、これに対して基板 3 の表面に対し垂直方向から所定の傾斜角のエッチング方向から異方性ドライエッチング 5 を行なう。これにより、中央に位置する

こととなるコア部に対して片側のクラッド部 2 が柱状周期構造により形成される。

【 0 0 3 8 】

このような異方性ドライエッチング 5 としては、R I E（反応性イオンエッチング）や R I B E（反応性イオンビームエッチング）が用いられ、エッチングガスの主成分としては、A l G a A s 系材料や I n G a A s P 系材料等のエッチングには塩素または 3 塩化ホウ素等が、S i のエッチングには 4 塩化炭素等が、有機化合物材料には酸素等が用いられる。

【 0 0 3 9 】

次いで、このマスク層 4 を除去した後、図 2（b）に示すように、新たにマスク層 6 を形成し、図 2（a）とは反対側の柱状周期構造のマスクパターンを形成し、基板 3 の表面に対し垂直方向から所定の傾斜角で反対方向に傾斜したエッチング方向から異方性ドライエッチング 7 を行なう。これにより、中央に位置することとなるコア部 1 に対して反対側のクラッド部 2 が柱状周期構造により形成される。

【 0 0 4 0 】

そして、最後にマスク層 6 を除去することにより、図 2（c）に示すように、コア部 1 に対して両側に柱状周期構造のクラッド部 2 が形成され、これら両側のクラッド部 2 と、これらに挟み込まれたコア部 1 とから成る、図 1 に示した本発明の光導波路が作製されることとなる。

【 0 0 4 1 】

次に、図 3（a）～（c）は、それぞれ本発明の光導波路の作製工程の他の例を示す断面図である。

【 0 0 4 2 】

図 3 においては、図 1 に示した本発明の光導波路の例を作製するための他の工程例について説明する。本工程例は、上記の工程例とくべると工数が増えて工程がやや複雑になる短所があるが、フォトマスク等を用いてマスク層を描画する場合のマスク位置合わせ精度についてあまり高い精度を必要としない利点がある。この工程によれば、電子線描画装置やステッパ等ではサブミクロン精度のマスク

位置合わせが容易であるが、通常のフォトマスクを用いる露光機ではサブミクロン精度のマスク位置合わせ精度は困難であるため、後者をマスク層の描画に使用する場合には非常に有効なものである。

【0043】

まず、図3(a)に示すように、両側のクラッド部となる柱状周期構造のパターンがマスク層8によって形成され、そのうちの片側の柱状周期構造のパターンをマスク層9によって隠した後、基板3の表面に対し垂直方向から所定の傾斜角で傾斜したエッチング方向から異方性ドライエッチング5を行なう。これにより、中央に位置することとなるコア部に対して片側のクラッド部2が柱状周期構造により形成される。

【0044】

次いで、図3(b)に示すように、マスク層9を除去した後、既に作製された片側の柱状周期構造をマスク層10によって隠した後、基板3表面に対し垂直方向から所定の傾斜角で反対方向に傾斜したエッチング方向から異方性ドライエッチング7を行なう。これにより、中央に位置することとなるコア部1に対して反対側のクラッド部2が柱状周期構造により形成される。

【0045】

そして、最後にマスク層8とマスク層10を除去することにより、図3(c)に示すように、コア部1に対して両側に柱状周期構造のクラッド部2が形成され、これら両側のクラッド部2と、これらに挟み込まれたコア部1とから成る、図1に示した本発明の光導波路が作製されることとなる。

【0046】

本発明の光導波路は、上記の実施の形態の例の他にも、種々の形態とすることができる。

【0047】

図4(a)および(b)は、本発明の光導波路の実施の形態の他の例を示す上面図および断面図である。

【0048】

図4に示す例においては、コア部1と柱状周期構造から成るクラッド部2とは

図 1 に示す例と同様の構成をしているが、コア部 1 の上方に周期的に屈折率が変化している 1 次元フォトリック結晶である多層周期構造を有する上部クラッド部 11 が形成されており、コア部 1 の下方だけでなく、コア部 1 の上方にもフォトリック結晶の光遮断効果を有するものとなっている。これにより、光導波路の光伝搬方向に直交する断面において全方向に強い光閉じ込めが実現でき、図 1 に示す例よりもさらに光の放射損失を抑えることができるものとなる。

【 0 0 4 9 】

この 1 次元フォトリック結晶となっている多層周期構造を有する上部クラッド部 4 は、高屈折率層と低屈折率層の交互多層構造となっている。この高屈折率層には基板 3 と同様の材質が適しているが、低屈折率層には光導波路が使用される光の波長帯域で透明な LiF 、 MgF_2 等の材質が適している。

【 0 0 5 0 】

また、図 5 (a) および (b) は、それぞれ本発明の光導波路の実施の形態のさらに他の例を示す上面図および断面図である。

【 0 0 5 1 】

図 5 に示す例においては、図 1 に示す例とほぼ同様の構成であるが、コア部 1 の両側の柱状周期構造を有するクラッド部 2 の下端部同士がコア部 1 の下方で重なり合っ光学的のみならず構造的にも接しており、コア部 1 の下方への光閉じ込めを図 1 に示す例よりもさらに強化して、光の放射損失を極めて低レベルに抑制することができるものとなる。

【 0 0 5 2 】

そして、本発明の光導波路を形成した基板上に、この本発明の光導波路と光結合される発光素子や受光素子あるいは光演算素子等の光電変換素子の搭載部を具備する本発明の光回路基板によれば、低損失でかつ小型化・薄型化が可能な高集積化に好適な本発明の光導波路を用いて光電変換素子との間で光信号の授受が良好に行なえるものとなり、しかも簡便な工程で作製が可能なことから、光通信や光情報処理に利用される光回路モジュール等に好適な光回路基板となる。

【 0 0 5 3 】

なお、このような本発明の光導波路と搭載部に搭載された光電変換素子とを光

結合させる構成としては、光受発光部および波長フィルタを集積化した波長多重通信用光送受信モジュール用基板や、光受発光部および光スイッチを集積化した光演算回路基板等がある。

【0054】

【実施例】

次に、本発明の光回路基板について具体例を説明する。

【0055】

[例1]

AlGaAs系の光学材料を用いた本発明の光導波路を作製した。AlGaAs系材料は波長 $0.7\sim 0.9\mu\text{m}$ の発光が可能であり、この材料で形成した発光素子の発光部と本発明の光導波路との同一基板への集積化を考慮し、本例ではこの波長帯の伝送を目的とした。なお、この材料の屈折率は、波長またはAlとGaの比率によって変化するが、波長 $1\mu\text{m}$ では2.9 (AlAs) \sim 3.4 (GaAs)である。

【0056】

まず、GaAs基板上に伝送波長帯で透明なAlGaAsをMBE（分子線エピタキシー）法やMOCVD（有機金属化学的気相成長）法等で成膜し、UV（紫外線）または電子線でフォトレジストまたは電子線レジストに描画した。次いで、このフォトレジストまたは電子線レジストをマスクとして、RIE（反応性イオンエッチング）またはRIBE（反応性イオンビームエッチング）等の高密度プラズマエッチング装置で、柱状周期構造をエッチングにより形成し、クラッド部の形成を行なった。このときのエッチングガスとしては、塩素または塩素をアルゴン希釈したものが望ましい。

【0057】

これにより、図1に示すような構成の本発明の光導波路が得られ、従来のフォトリソ法によるクラッド部を有する光導波路と比較したところ、光損失の少ない、光伝搬特性に優れたものであった。

【0058】

[例2]

S i 基板を用いて構成した本発明の光導波路を作製した。S i は光通信に用いられる波長 $1.31\mu\text{m}$ または $1.55\mu\text{m}$ の光に対して透明であり、また制御用電子デバイスの集積化が容易であること、光ファイバ等の外部との光信号の接続手段や光電変換素子や光素子・駆動素子等を基板上に固定するためのV溝の形成に適していること、基板上に搭載した光電変換素子を始めとする各種のデバイスから発生する熱を逃がしやすいこと等の利点を有している。

【0059】

S i 基板上にUVまたは電子線でフォトレジストまたは電子線レジストを描画した。次いで、このフォトレジストまたは電子線レジストをマスクとして、R I EまたはR I B E等の高密度プラズマエッチング装置で柱状周期構造をエッチングにより形成し、クラッド部の形成を行なった。このときのエッチングガスとしては、 CF_4 と酸素の混合ガスが望ましい。

【0060】

これにより、図1に示すような構成の本発明の光導波路が得られ、従来のフォトリソニック結晶によるクラッド部を有する光導波路と比較したところ、例1と同様に光損失の少ない、光伝搬特性に優れたものであった。

【0061】

以上の結果より、本発明の光導波路は、簡便な工程で作製が可能で、低損失な優れた光伝搬特性を有する光導波路であることが確認できた。

【0062】

また、この光導波路を形成した基板上に光電変換素子として半導体受光素子を搭載して光結合させ、その結合効率を評価したところ、良好な光伝送特性および光結合効率で半導体受光素子を作動させることができ、光回路モジュールに用いるのに好適な光回路基板であることが確認できた。

【0063】

なお、本発明は以上の実施の形態の例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更・改良を行なうことは何ら差し支えない。

【0064】

【発明の効果】

以上のように、本発明の光導波路によれば、コア部を両側から挟み込むように配置された周期構造を有するクラッド部の少なくとも一方が基板の表面に対し基板側で他方との間隔が狭くなるように傾斜していることから、コア部の下方についてもこの傾斜に応じて周期構造によるフォトリソニック結晶の光遮断効果を利用して導波光をコア部内により強く閉じ込めることができ、アスペクト比を下げることで光導波路の薄型化を図ることができ、さらに、作製工数を少なくすることができるとともに機械強度を維持することができる。その結果、光伝搬特性が良好で、薄型化・小型化を図ることができ、作製工程が比較的単純でかつ簡便であり、機械強度も強い光導波路となる。

【 0 0 6 5 】

また、本発明の光導波路によれば、周期構造を基板の表面に対し垂直方向から5～60度の角度で傾斜させることにより、光閉じ込め効果を高めつつ光導波路の幅が不必要に大きくなるのを避けることができる、小型化に有利なものとなる。

【 0 0 6 6 】

さらに、周期構造の下端同士が接するように形成した場合には、光閉じ込め効果を確実に発揮させることができ、コア部から基板側への導波光の漏洩をなくして光損失を抑えた光伝搬特性に優れた光導波路となる。

【 0 0 6 7 】

さらにまた、クラッド部としての周期構造を柱状周期構造とした場合には、コア部を伝搬する光の全ての偏光面に対して光遮断効果を持たせることができ、種々のモードや偏光面を有する導波光に対してもその漏洩をなくして光損失を抑えることができる、光伝搬特性に極めて優れた光導波路となる。

【 0 0 6 8 】

そして、このような本発明の光導波路と、この光導波路が光結合される光電子変換素子の搭載部とを具備して成る本発明の光回路基板によれば、光導波路が低損失で小型化・薄型化が可能なことから、光信号の伝送特性に優れ、簡便な工程で作製が可能な、小型化・高集積化が可能な、光通信や光情報処理に使用される光モジュール等に好適な光回路基板となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

(a) および (b) は、それぞれ本発明の光導波路の実施の形態の例を示す上面図および断面図である。

【図 2】

(a) ～ (c) は、それぞれ本発明の光導波路の作製工程の例を示す工程毎の断面図である。

【図 3】

(a) ～ (c) は、それぞれ本発明の光導波路の作製工程の他の例を示す工程毎の断面図である。

【図 4】

(a) および (b) は、それぞれ本発明の光導波路の実施の形態の他の例を示す上面図および断面図である。

【図 5】

(a) および (b) は、それぞれ本発明の光導波路の実施の形態のさらに他の例を示す上面図および断面図である。

【図 6】

(a) および (b) は、それぞれ従来の光導波路の例を示す上面図および断面図である。

【図 7】

(a) および (b) は、それぞれ従来の光導波路の他の例を示す上面図および断面図である。

【符号の説明】

1 コア部

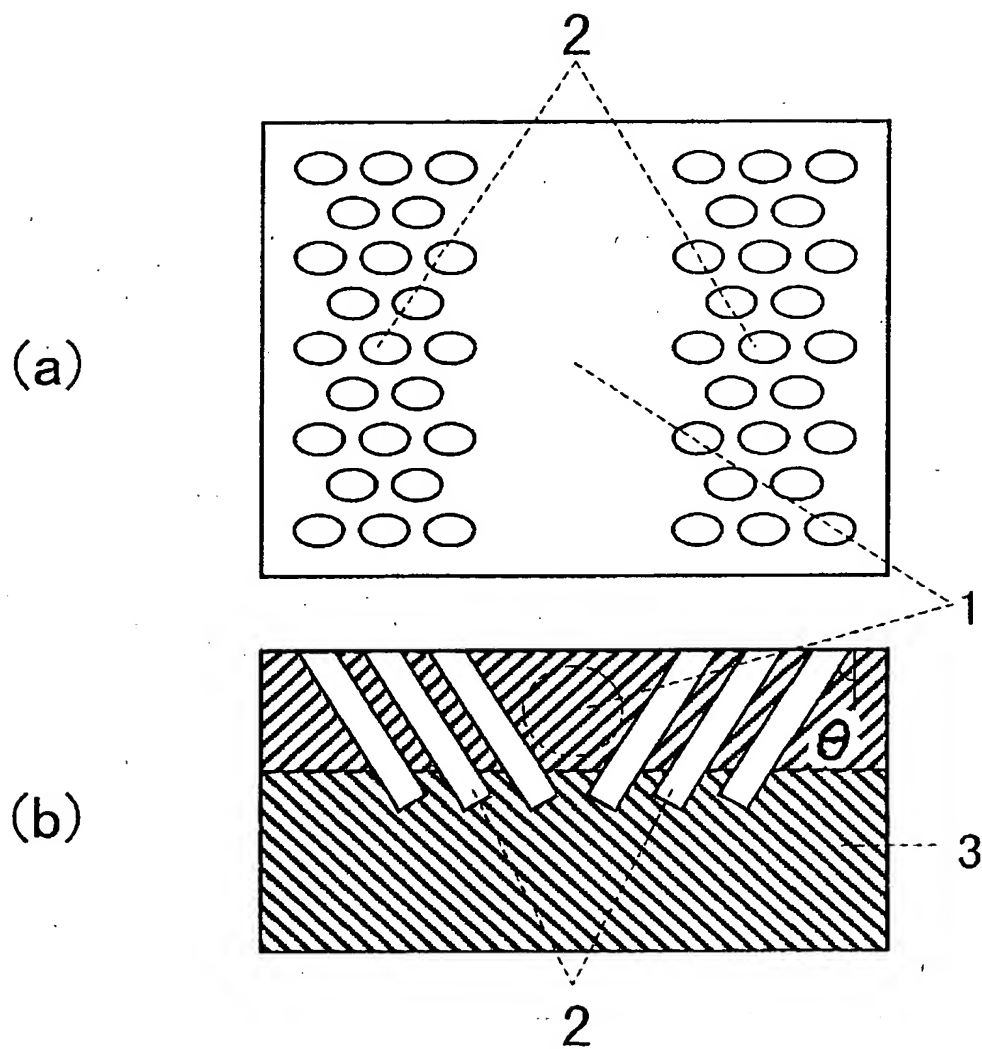
2 周期構造を有するクラッド部

3 基板

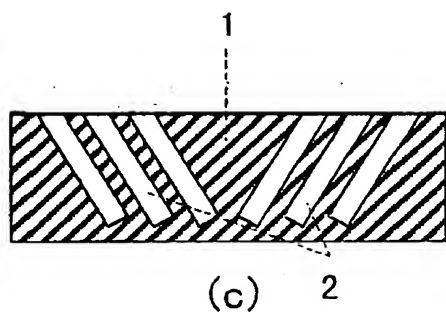
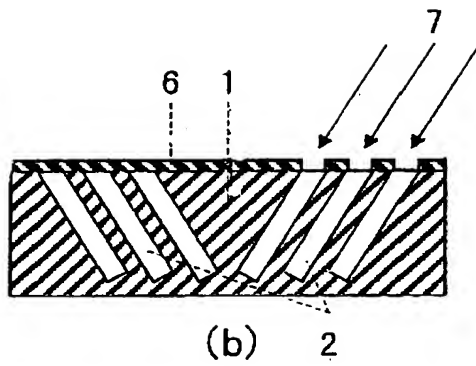
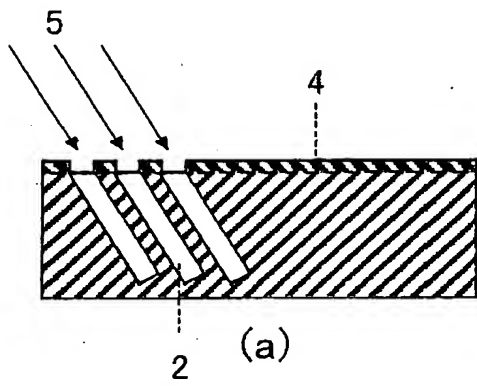
θ 基板 3 の表面に対する垂直方向からの傾斜角

【書類名】 図面

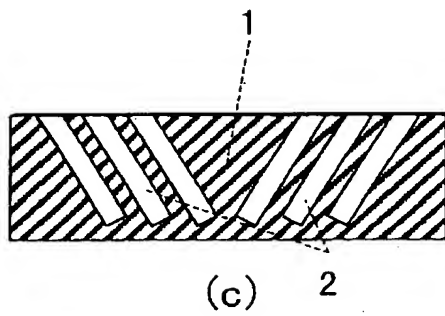
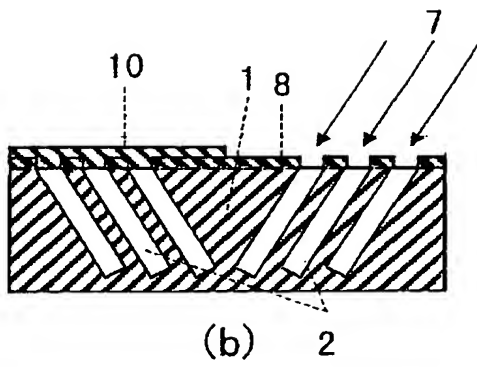
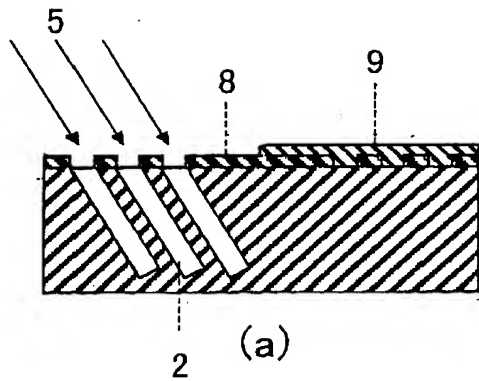
【図 1】



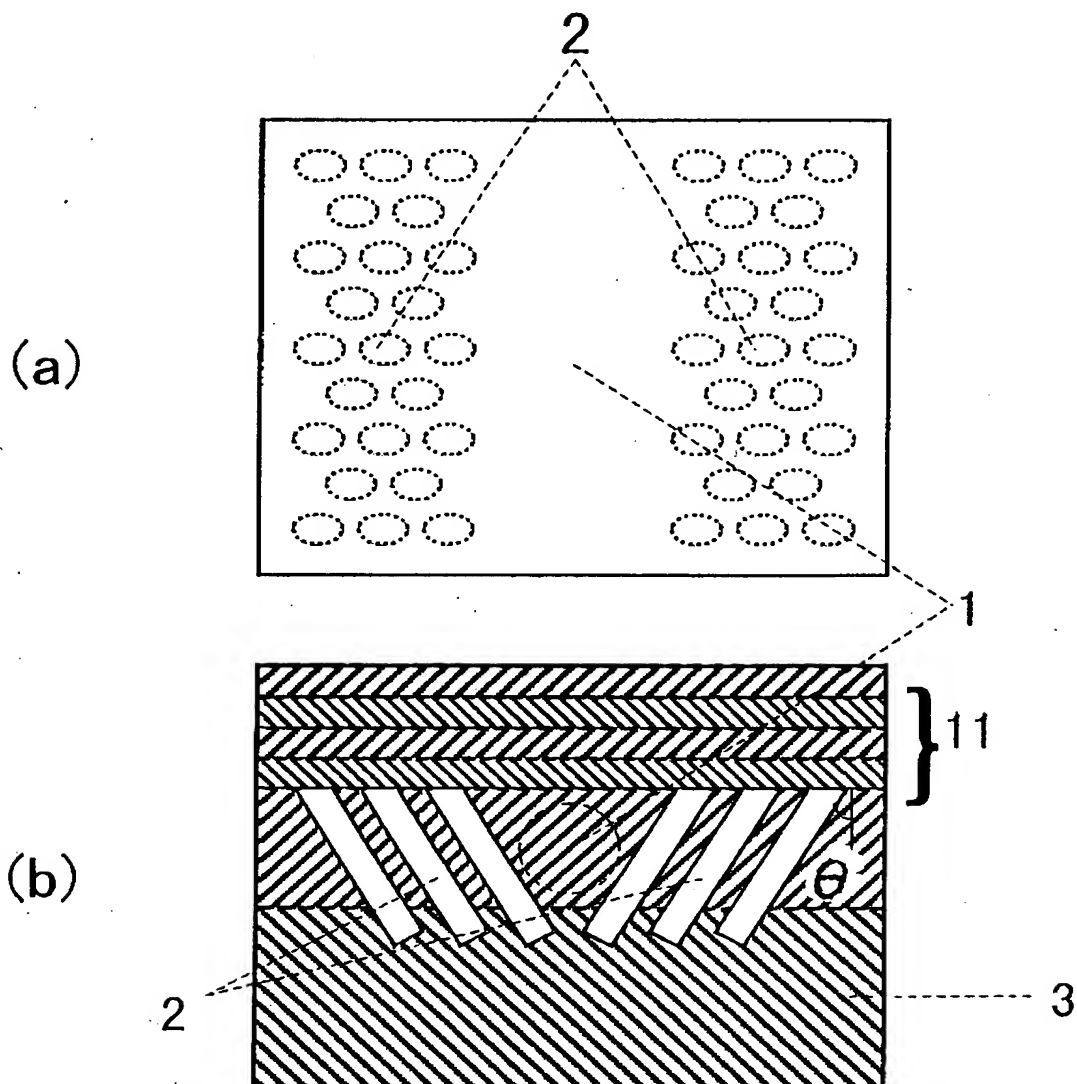
【図 2】



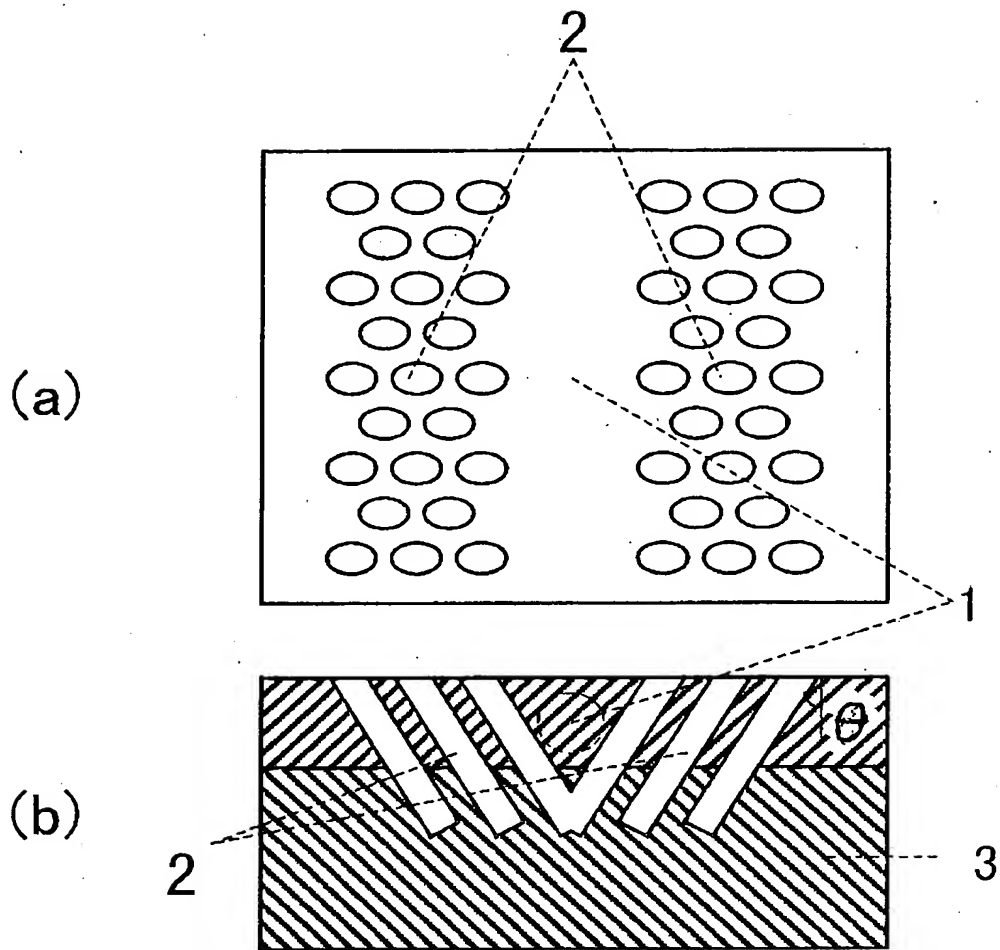
【図 3】



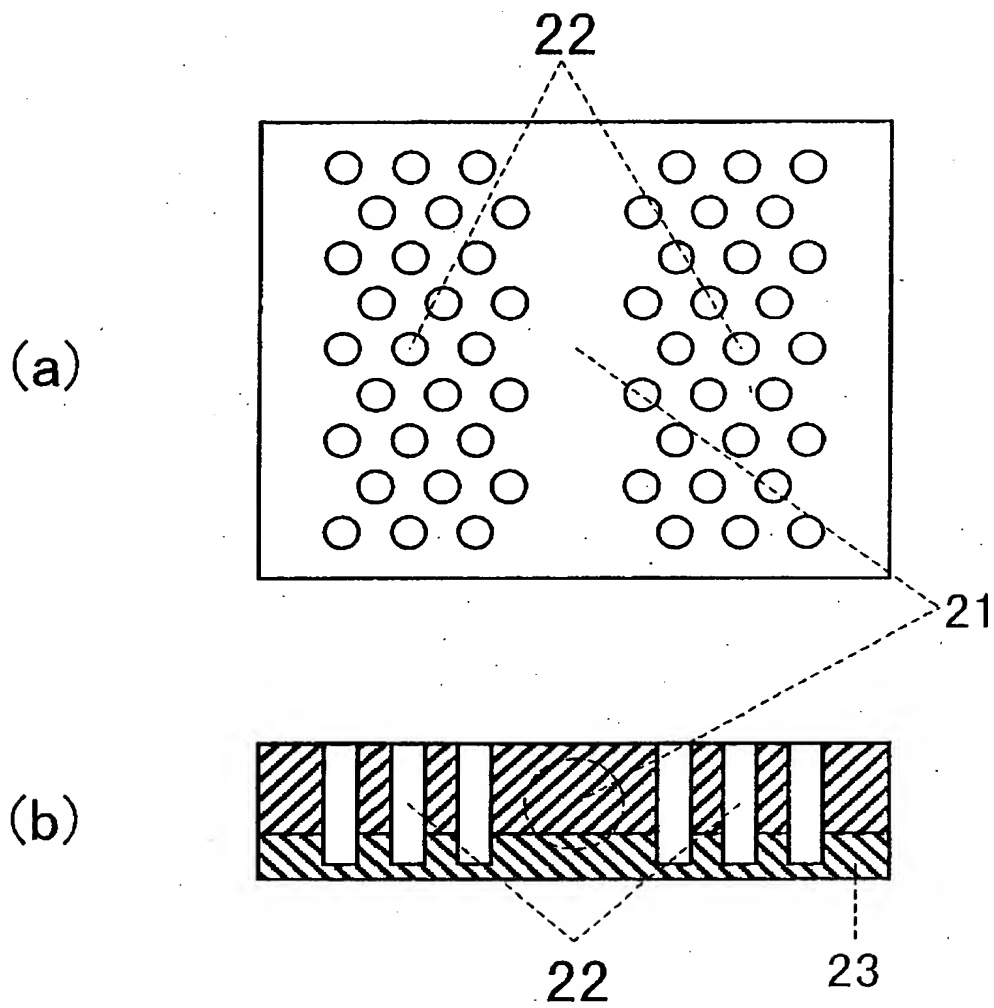
【図 4】



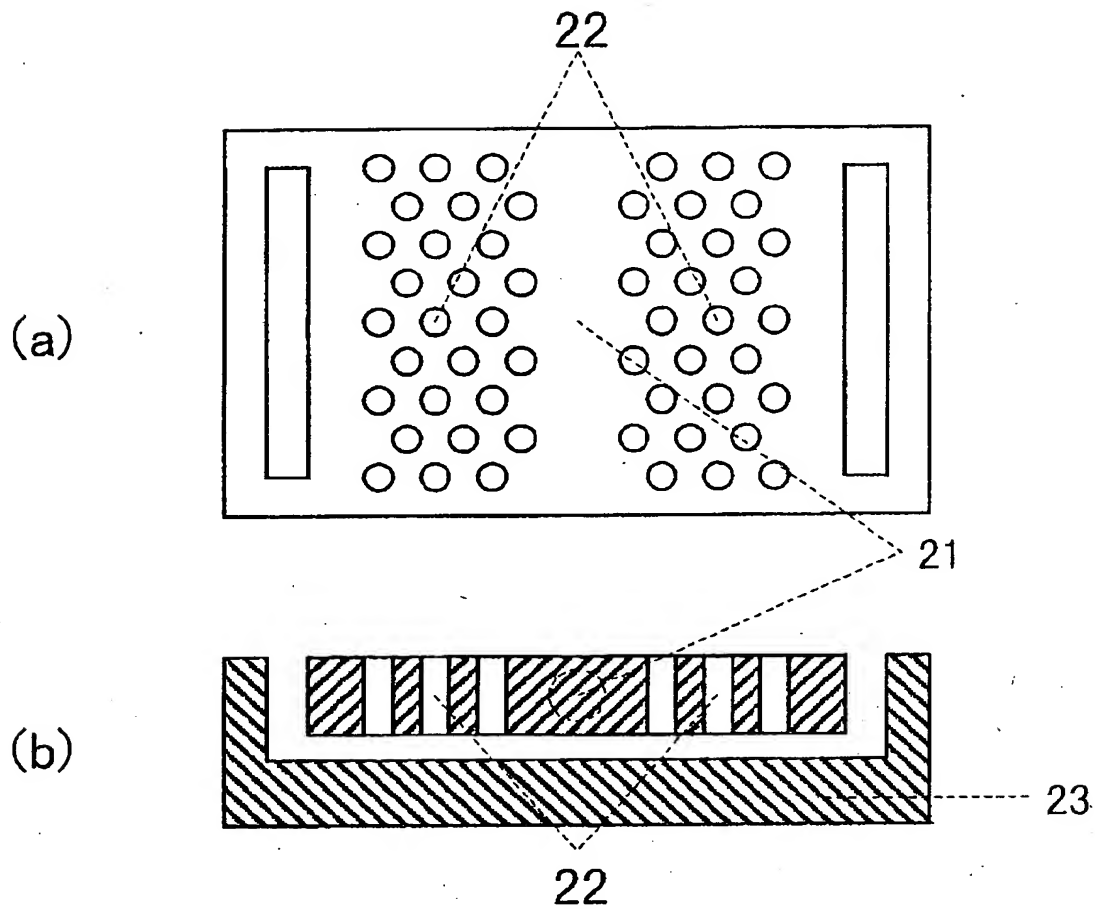
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来のフォトリソグラフィ結晶を利用した光導波路では、下方の基板への光損失が生じていた。

【解決手段】 基板 3 上に形成された、コア部 1 と、このコア部 1 を両側から挟み込むように配置され、光伝搬方向に直交する方向にそれぞれ周期的に屈折率に変化している周期構造を有するとともにこの周期構造の少なくとも一方が基板 3 の表面に対し基板 3 側で他方との間隔が狭くなるように傾斜しているクラッド部 2 とから成る光導波路である。基板 3 側への光損失を抑え、光伝搬特性が良好で、薄型化・小型化を図ることができ、作製工程が比較的単純でかつ簡便であり、機械強度も強い光導波路となる。

【選択図】 図 1

特 2000-387852

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-387852
受付番号	50001646736
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成12年12月21日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年12月20日
-------	-------------

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006633]

1. 変更年月日 1998年 8月21日

[変更理由] 住所変更

住 所 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
氏 名 京セラ株式会社